

文章编号: 1007 - 4252 (2008) 01 - 0125 - 04

PECVD $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体性能

陈治宇, 吕知秋, 张锦文, 金玉丰, 李婷, 田大宇, 王颖

(北京大学微电子研究院, 微米/纳米加工技术国家重点实验室, 北京 100871)

摘要: 本文研究了在带有 Cr/Au 电极的玻璃衬底上利用 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体性能。针对这种驻极体提出了一个简单的工艺流程暴露出一部分金属电极, 并在电晕注极过程中将底电极引出接地。通过实验改变电晕注极过程中的注极时间、温度等因素, 希望得到对 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体性能的优化。本文证实了 PECVD 双层膜具备良好的驻极体性能, 有望广泛应用于微器件中。

关键词: 驻极体; $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜; PECVD

中图分类号: TB324 **文献标识码:** A

PECVD prepared $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ double layers electrets

CHEN Zhi-yu, LV Zhi-qiu, ZHANG Jin-wen, LI Ting, TIAN Da-yu, WANG Ying, JIN Yu-feng

(National Key Laboratory of Nano/Micro Fabrication Technology, Institute of Microelectronics,

Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: This paper reports $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ double layer electrets both prepared by PECVD on glass substrates with Cr/Au lower electrode. A process was developed to expose part of lower metal electrode, which is connected to the ground during corona charge process. Different charging temperatures, time and other factors were investigated for improving performance of PECVD prepared $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ double layers electrets. This paper has proved high performance of PECVD prepared $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ double layers electrets, which can thus be expected a wide application in micro devices.

Key words: electrets, $\text{SiO}_2 / \text{Si}_3\text{N}_4$ double layers, PECVD

0 引言

由于能够长期存储电荷, 并提供稳定的外电场, 驻极体材料被广泛地应用于各种电声传感器^[1], 生物医药^[2], 静电发电机^[3]等方面。无机驻极体材料由于与 IC 和 MEMS 加工工艺具备良好的兼容性而得到了广泛的关注^[4]。硅基无机驻极体如 SiO_2 和

Si_3N_4 等得到了大量研究, 并已经应用于各种微传感器中。一个典型的例子是驻极体麦克风^[5]。

通常应用于微传感器的 SiO_2 和 Si_3N_4 无机驻极体采用热氧或 APCVD、LPCVD 的方法淀积在带有背电极的硅片上。然而, 为了得到较小的寄生电容, 有时需要较厚的驻极体介质层, 而这些工艺的淀积

收稿日期: 2007 - 07 - 20; 修订日期: 2007 - 09 - 22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 60676042).

通讯作者: 张锦文 (1969 -), 女, 副教授, 北京大学微电子学研究院 (E-mail: jwzhang@ime.pku.edu.cn).

速度较慢,往往不能满足要求;另一方面,这些工艺中用到的高温也限制了玻璃片这样的低熔点 MEMS 常用衬底的应用。PECVD 的方法具备低温生长,生长速度快,生长薄膜残余应力小的优点,可以有效地克服上述缺点。所以这种制备方法有望广泛地应用于微发电机等器件的加工制造过程。

本工作研究了在带有 Cr/Au 电极的玻璃衬底上利用 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体性能。并通过改变注极过程中的参数希望对双层膜驻极体的性能进行优化。

1 试验

样品的制备基于 4 寸 Pyrex7740 玻璃片。经过常规的超声清洗后,在玻璃片正面溅射 Cr (30nm) 和 Au (100nm) 电极。 SiO_2 (1 μm) 层利用 PECVD 的方法以约 120nm/m in 的速率淀积在金属电极上;同样采用 PECVD 的方法淀积 Si_3N_4 (100nm), 生长速率为 15nm/m in。PECVD 的生长的衬底温度为 300 $^\circ\text{C}$ 。之后,经划片得到 2 \times 2 cm^2 的样品。样品经烘干后保存于干燥塔中。

本文通过一个简单的光刻及腐蚀的工艺流程将金属底电极引出,用于在电注极过程中接地。对于 PECVD 的 SiO_2 和 Si_3N_4 , 都可以采用 BHF (缓冲氢氟酸) 进行腐蚀。因而,本文对所有样品分别进行涂胶,曝光显影,以及 BHF 腐蚀 (45min) 的工艺流程来去除样品一个角上的介质层。最后分别采用 O_2 等离子体和 HNO_3 两种方法去除残余的光刻胶。在之后的电注极过程中,将此处暴露出来的金属底电极引出接地 (如图 1 所示)。

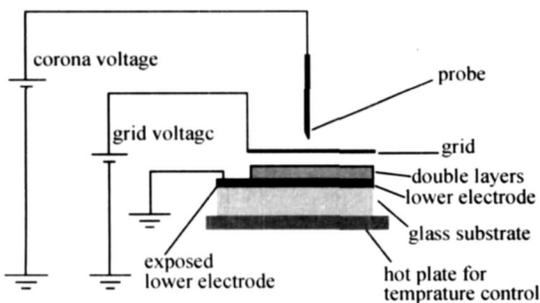


Fig 1 Corona charge equipment

图 1 电晕注极示意图

双层膜的电荷注入采用栅控恒压电晕充电的注极方法。这种方法具备设备简单、操作方便、注极效

率高、性能良好和表面电势可控的优点。在电晕注极过程中,将暴露出来的 Cr/Au 底电极引出接地。整体电晕注极过程的示意图如图 1 所示。其中,针尖电压 (corona voltage) 为 -8kV, 针尖到样品表面的距离约 10mm, 栅网电压 (grid voltage) 为 -600V, 栅网到样品表面的距离约为 4mm。

本工作采用 Trek 541 型静电计测量样品的表面电势。性能良好的驻极体在常温下表面电势的衰减十分缓慢,为了能够在短时间内观察到驻极体的电荷稳定特性,样本在 250 $^\circ\text{C}$ 的温度下进行恒温退极化。我们通过研究不同的注极温度,时间等参数对驻极体电荷存储稳定性的影响,希望能够对 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体的性能进行优化。

2 结果与讨论

2.1 去胶工艺对驻极体性能的影响

对于在电晕注极之前,暴露底电极的工艺流程中,去胶工艺分别采用了 O_2 等离子体干法去胶和发烟硝酸 (HNO_3) 湿法去胶两种不同的去胶工艺方法。本文比较了两种去胶方法对双层膜驻极体的注极效果及电荷稳定性造成的差异。试验结果如图 2 所示。其右上角的小图为归一化的表面电势衰减情况 (Normalized Surface Potential), 即某一时刻的表面电势值与初始表面电势的比值,用于判断和比较不同样品的电荷稳定性。

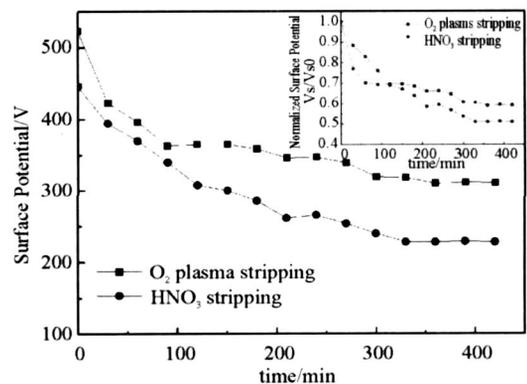


Fig 2 Charge decay at 250 $^\circ\text{C}$ with different methods to strip photo resister

图 2 不同的去胶方法对驻极体性能的影响

从图 2 中可以看出, PECVD 的双层膜具备良好的驻极体性能。电晕注极的初始电压 (-400V 甚至

- 500V以上)可以达到接近栅网电压(- 600V)的水平。同时,PECVD的双层膜的电荷存储也比较稳定。对于采用 O_2 等离子体干法去胶的样品,在 250 °C 下恒温退极化 3小时之后,表面电势仍可以稳定在 310V以上。

试验表明,采用 O_2 等离子体干法去胶的样品的初始电势(- 500V以上)明显高于采用 HNO_3 湿法去胶的样品(- 450V)。同时,从归一化的表面电势的衰减曲线还可以看出,前者的电荷存储稳定性也较好。可见,采用 O_2 等离子体干法去胶的方法,无论是在注极后的表面电势方面,还是在电荷存储的稳定性方面,都明显优于采用 HNO_3 湿法去胶的方法。这可能是因为,在采用 HNO_3 湿法去胶的过程中,可能会引入可动离子,因此会对表面导电性起到增强作用,从而加速内部电荷的流失,导致采用 HNO_3 湿法去胶的样品性能相对较差。

2.2 注极温度对驻极体性能的影响

电晕注极的过程中,充电温度是一个重要的可变参数。试验中,样品分别在室温(RT), 80 °C, 120 °C 三个不同的注极温度下进行电晕注极。三种样品的注入时间统一为 45min。试验结果如图 3所示。

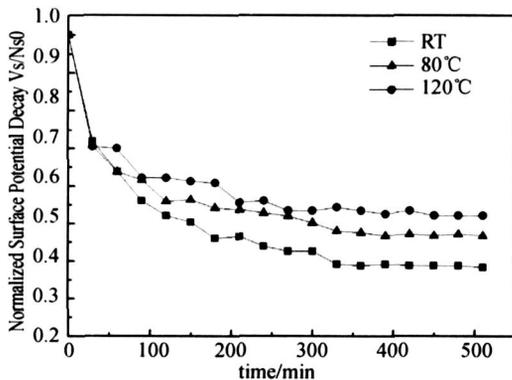


Fig 3 Normalized Charge decay at 250 °C with different charging temperatures

图 3 注极温度对驻极体性能的影响

图 3 的实验结果表明,高温有利于提高电荷存储的稳定性。这是因为,电晕注极过程中的高温加快了电荷的运动,进而提高了电荷在介质体内的迁移率,有利于电荷注入到更深层,加深电荷重心;同时也有利于电荷被深能级陷阱所捕获,进而提高了电荷存储的稳定性。

2.3 注极时间对驻极体性能的影响

注极时间的长短也是电晕注极过程中的可变参数。试验比较了不同的注极时间(25min, 45min)对驻极体性能的影响,样品的注极温度统一为 80 °C,试验结果如图 4所示。

图 4 的试验结果显示,采用不同的注入时间的表面电势衰减曲线几乎重合,这说明注极时间并不会对 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜驻极体的电荷存储稳定性造成显著的影响。

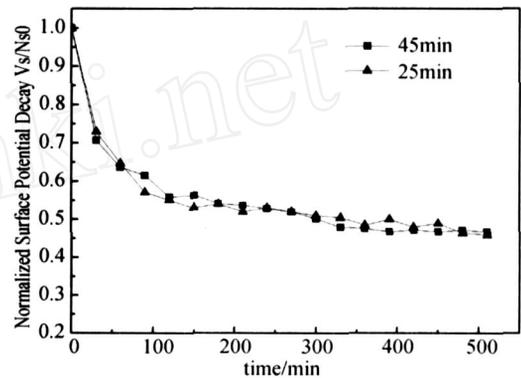


Fig 4 Normalized Charge decay at 250 °C with different charging time

图 4 注极时间对驻极体性能的影响

然而,根据试验结果的观察,注极时间的长短会影响到电荷在样品表面横向分布的均匀性。试验显示,对于面积为 $2 \times 2 \text{cm}^2$ 的样品,采用底电极接地的电晕注极方法,45min 的注入时间足以在表面得到均匀的电势分布。

3 结论

在带有 Cr/Au 电极的玻璃衬底上利用 PECVD 制备的 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 双层膜具备良好的驻极体性能。通过采用恒压栅控电晕注极的方法(栅压 - 600V),样品的表面电势可以达到 - 500V 以上,在 250 °C 下恒温退极化,最终稳定值在 - 310V 以上。采用 O_2 等离子体干法去胶的方法,无论是在注极后的表面电势方面,还是在电荷存储的稳定性方面,都明显优于采用 HNO_3 湿法去胶的方法。随着电晕注极温度的升高,双层膜驻极体的电荷稳定性有所增强;而注极时间只影响样品表面电势的横向分布均匀性。在合适的电晕注极条件下,PECVD 制备的 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$

双层膜具备良好的驻极体性能,可望广泛应用于驻极体微器件的设计和制造过程中。

参考文献:

- [1] Wen H Hsieh, Tseng - Yang Hsu, Yu - Chong Tai A Micromachined Thin - film Teflon Electret Microphone [A]. Transducers '97 Conference Chicago [C]. 1997. 425 - 428.
- [2] Jiang Jian, Song Chengrong, Cui Lili, *et al* Study of the Inducement of PTFE Electret on Apoptosis of MKN Tumor Cell [A]. 10th International Symposium on Electrets[C]. 1999. 225 - 227.
- [3] Arakawa Y, Suzuki Y, Kasagi N. Micro Seismic Power Generator Using Electret Polymer Film [A]. PowerMEMS 2004[C]. Kyoto: 2004. 187 - 190.
- [4] Homan Amjadi, Christiane Thielmann Silicon - based Inorganic Electrets for Application in Micromachined Devices [J]. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, 1996, 3(4): 494 - 498.
- [5] Homan Amjadi, Gerhard M Sessler CMOS - compatible electrets for application in micromechanical transducers [J]. **Conf on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Annual Report**, 1998, 1: 132 - 135.

www.cnki.net